

# DESAIN ULANG PROTEKSI *CRUSHER* UNTUK MENCEGAH KERUSAKAN *CRUSHER* DAN *DERATING* PLTU PAITON 1 & 2

Gilang Al Fatah<sup>1</sup>, Moh. Bachrudin<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Nurul Jadid  
gilangalfatah00@gmail.com<sup>1</sup>, bachrudin@gmail.com<sup>2</sup>

## Abstract

*Crusher grinder* mempunyai peranan yang sangat penting dalam proses pengelolaan material limbah *bottom ash* hasil pembakaran batubara di *boiler*, yakni sebagai penghancur material limbah dengan media *crusher*. Untuk meningkatkan kehandalan pembangkit, pada *crusher grinder* terdapat sistem proteksi berupa *fluid coupling*, yang mengamankan motor ketika *crusher* tidak mampu berputar karena terganjal oleh material yang sangat keras. Kegagalan operasi pada *crusher grinder* menyebabkan penyumbatan pada saluran pembuangan limbah (*chute*) sehingga material yang keluar dari *chute* dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Selain itu, faktor penting yang menentukan *lifetime crusher grinder* adalah kehandalan sistem kontrolnya, karena sistem kontrol yang tidak sempurna dapat menyebabkan kerusakan serius pada *crusher grinder* yang mana berpotensi menyebabkan *derating* sehingga menurunkan kehandalan unit. Sistem proteksi *eksisting crusher grinder* pada PLTU Paiton menggunakan *fluid coupling*, disamping memiliki akurasi yang kurang baik, juga tidak dapat dipastikan performancenya karena tidak dapat selalu dimonitor di *Central Control Room (CCR) Fly Ash*. Hasil implementasi desain ulang proteksi *crusher* dan perubahan *logic control no motion* pada *crusher grinder* ini memudahkan operator dalam melakukan pengoperasian *emergency diverter gate* hingga menghemat waktu untuk unit 1 sebanyak 8 menit dan untuk unit 2 sebanyak 6 menit dan dapat menghemat biaya jika terjadi *derating* sebesar 35 Milyar/Tahun untuk 2 unit.

**Kata Kunci**— *crusher grinder*, sistem proteksi, *control no motion*.

## I. PENDAHULUAN

*Crusher grinder* merupakan salah satu komponen penting dalam siklus *bottom ash system* dan memberikan kontribusi yang penting untuk menjaga kehandalan peralatan pembangkit. Oleh karena itu, begitu pentingnya peralatan ini sehingga diperlukan sistem proteksi dan kontrol yang handal [4].

Kondisi *eksisting crusher grinder* yang ada di PLTU Paiton adalah dengan memanfaatkan *fluid coupling* sebagai sistem proteksinya. Secara *history* seringkali *fluid coupling* pecah saat *crusher grinder* beroperasi sehingga apabila tidak segera ditangani, akan menyebabkan penyumbatan pada *chute* dan material limbah yang meluber dapat mencemari lingkungan. Karena *chute* tidak dapat mengalirkan material limbah, maka dapat menyebabkan pengendapan pada *Submerged Scraper Conveyor (SSC)*, sehingga perlu mematikan SSC untuk proses *recovery*, yang berpotensi *derating unit*. Disamping itu monitoring kinerja operasi

*crusher grinder* lebih sulit karena belum termonitor secara *continue* di *CCR Fly Ash*. [6]

Kebutuhan akan sistem proteksi yang handal dan presisi menjadi sangat *urgent* mengingat dampak yang muncul mengakibatkan pencapaian kinerja perusahaan mengalami hambatan, serta dapat pencemaran yang dihasilkan dapat menurunkan citra perusahaan. Dengan mempertimbangkan *performance* proteksi *crusher grinder (fluid coupling) eksisting* yang sering mengalami gangguan hingga 7 sampai 12 kali (terdapat pada lampiran) dengan kondisi normal seharusnya 0 kerusakan, maka perlu dilakukan desain ulang sistem proteksi dan kontrol yang baru yang mempunyai *performance* yang lebih baik dari sistem lama.

## II. KAJIAN PUSTAKA

penelitian ini memiliki kajian pustaka, hal ini dapat diuraikan sebagaimana berikut

### A. Bottom Ash System

Bottom Ash System adalah sistem aliran material limbah hasil pembakaran batubara di *boiler* yang dimulai dari *Submerged Scrapper Conveyor (SSC)* sampai ke Bottom Ash Silo. Aliran material limbah batubara dari SSC akan melewati bottom ash chute untuk dialirkan ke bottom ash conveyor [2]. Di dalam bottom ash chute ini terdapat *crusher grinder* yang berfungsi untuk menghancurkan material limbah batubara yang berukuran besar menjadi lebih kecil agar mudah diangkut dan tidak merusak conveyor. Material limbah dari conveyor selanjutnya dialirkan dan ditampung ke bottom ash silo untuk selanjutnya dibuang ke disposal area [1].

### B. Crusher Grinder

*Crusher grinder* merupakan komponen utama dalam siklus bottom ash system dan memberikan kontribusi yang penting untuk menjaga kehandalan peralatan pembangkit. Fungsi *crusher grinder* adalah untuk menghancurkan material limbah batubara berukuran besar menjadi berukuran lebih kecil agar mudah diangkut ke silo dan juga tidak merusak belt conveyor. *Crusher grinder* umumnya terdiri dari sepasang *crusher* yang diputar secara berlawanan dan dengan kecepatan yang rendah, agar proses penghancuran material limbah batubara lebih merata. [2]

*Crusher grinder* dibagi dalam beberapa daerah (*zone*) terlihat pada gambar 2.2, yaitu: (a) Motor penggerak, berfungsi untuk memutar *fluid coupling*, dan berputar dengan kecepatan tinggi. (b) *Fluid coupling*, berfungsi sebagai pengaman motor, dan bekerja melepas *coupling* apabila temperature oli mencapai set point yang disebabkan karena gesekan pada oli. (c) *Reducer*, berfungsi untuk mengubah kecepatan menjadi

torsi agar crusher mampu menghancurkan material yang keras. (d) Sprocket, berfungsi untuk menggerakkan poros crusher, berupa sepasang gear beda ukuran yang diputar menggunakan rantai. (e) Crusher, berfungsi untuk menghancurkan material limbah batubara yang berukuran besar agar menjadi lebih kecil [3].

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Rancangan Penelitian

Pada rancangan penelitian ini sesuai dengan judul yang diajukan penulis yaitu Desain Ulang Proteksi Crusher untuk Mencegah Kerusakan Crusher dan derating PLTU Paiton 1 & 2. Pada desain ulang proteksi crusher ini, penulis merencanakan melakukan penambahan proximity switch yang akan digunakan untuk sensor gerak dari crusher grinder yang sedang beroperasi, jika crusher grinder tidak ada pergerakan dalam jangka waktu yang telah ditentukan, maka sensor proximity akan mengirimkan sinyal yang mana melalui relay untuk menjadi sinyal input pada PLC untuk membuat trip motor crusher. Sinyal trip tersebut akan digunakan sebagai permit untuk menggerakkan emergency diverter gate menuju jalur bypass agar tidak terjadi menjadikan beban lebih pada SSC dan menyebabkan derating hingga shutdown unit pembangkit.

#### B. Teknik Pengumpulan Data

Memaparkan beberapa langkah untuk pelaksanaan strategi penelitian yakni wawancara, observasi dan studi literatur. Wawancara merupakan pengumpulan data dengan cara mengajukan pertanyaan secara lisan kepada informan, dan pertanyaan itu telah dipersiapkan dengan tuntas beserta instrumennya, atau percakapan dengan maksud tertentu. Proses wawancara dilakukan dengan melakukan tanya jawab kepada operator area ash handling, teknisi pemeliharaan instrument & kontrol, dan engineering secara real time saat akan melakukan melakukan desain.

Wawancara dilakukan kepada pegawai PLTU Paiton Unit 1 & 2 Probolinggo sebagai sumber data utama yang diperlukan. Proses wawancara dilakukan di PLTU Paiton Unit 1 & 2 Probolinggo dengan waktu yang berbeda yakni pada tanggal 27 Maret 2018 dan tanggal 28 Maret 2018.

Adapun tahapan-tahapan dalam wawancara tersebut ialah sebagai berikut:

1. Wawancara dilakukan di PLTU Paiton Unit 1 & 2 Probolinggo.
2. Wawancara dibagi dalam dua sesi yang berbeda pada tanggal 27 Maret 2018 mewawancarai operator PLTU Paiton Unit 1 & 2 Probolinggo dan pada tanggal 28 Maret 2018 mewawancarai pegawai bidang pemeliharaan kontrol instrument dan bidang engineering.
3. Wawancara dilakukan dengan tema yang berkaitan dengan pengaruh desain ulang proteksi crusher grinder

#### C. Desain Penelitian

Desain penelitian ini merupakan hal terpenting karena merupakan inti dari desain ulang proteksi crusher yang akan disusun oleh penulis, adapun desain ulang tersebut sebagai berikut Langkah pertama yang dilakukan adalah mendesain modifikasi peralatan instrumentasi pada crusher grinder agar dapat mendeteksi putaran poros crusher. Modifikasi instrument tersebut meliputi:

1. Pemasangan proximity sensor yang diletakkan di as sprocket bagian dalam
2. Terminasi wiring kabel dari sensor ke PLC.
3. Modifikasi logic PLC sehingga dapat dimonitor di CCR Ash Handling
4. Mendesain alarm panel sebagai alarm indikator bagi operator.

Untuk pemasangan sensor proximity yang diletakkan pada as sprocket bertujuan agar sensor proximity dapat mendeteksi gerakan dari crusher grinder, apabila crusher grinder tidak bekerja maka akan sensor proximity dapat mengirimkan sinyal ke PLC. Kemudian terminasi wiring kabel dari sensor ke PLC bertujuan agar sinyal dari proximity dapat benar benar terkirim ke PLC untuk mendeteksi gerakan crusher grinder. Sedangkan modifikasi logic PLC bertujuan agar sinyal dari proximity tersebut dapat dikelola untuk menyebabkan trip pada crusher grinder apabila sensor proximity tidak mendeteksi gerakan dari crusher grinder, selain itu sinyal tersebut juga digunakan untuk mengoperasikan emergency diverter gate untuk menuju ke posisi bypass apabila crusher grinder sudah trip dan akan mengirimkan alarm ke CCR Ash Handling.

### IV. HASIL PENELITIAN

#### A. Penyajian Data

Pada penyajian data ini, penulis akan memaparkan hasil data yang telah dilakukan pengujian pada desain ulang proteksi crusher grinder sesuai dengan rumusan masalah yang terdapat pada BAB I.

Adapun data dari hasil desain ulang proteksi crusher grinder yang dilakukan pada tanggal 26 April 2018 sebagai berikut :

Tabel 1. Pengujian Setpoint Timer Sensor Proximity.

No	Timer(detik)	Kondisi <i>Fluid Coupling</i>
1	1	Tidak Pecah
2	2	Tidak Pecah
3	3	Tidak Pecah
4	4	Tidak Pecah
5	5	Tidak Pecah
6	6	Pecah
7	7	Pecah
8	8	Pecah
9	9	Pecah

10	10	Pecah
----	----	-------

Adapun data hasil dari wawancara yang dilakukan kepada operator ash handling area apabila menggunakan sepeda dari Central Control Room (CCR) ash handling menuju cabin pengoperasian emergency diverter gate ntuk Mengoperasikan emergency diverter gate baik unit 1 maupun unit 2.

Tabel 2. Wawancara Waktu Yang Diperlukan Untuk Mengoperasikan Emergency Diverter Gate Dari CCR.

<i>Shift</i>	Waktu Menuju ke Unit 1	Waktu Menuju ke
<b>Operator A</b>	8	6
<b>Operator B</b>	8	6
<b>Operator C</b>	8	6
<b>Operator D</b>	8	6

Adapun data wawancara pengoperasian emergency diverter gate setelah dilakukan otomatisasi pada emergency diverter gate dan apabila muncul alarm crusher no motion sebagai berikut:

<i>Shift</i>	Waktu Pengoperasian Unit 1 (detik)	Waktu Pengoperasian Unit 2 (detik)
<b>Operator A</b>	0	0
<b>Operator B</b>	0	0
<b>Operator C</b>	0	0
<b>Operator D</b>	0	0

#### B. Analisa Data

Dari data yang telah dipaparkan pada Tabel diketahui bahwa waktu yang menyebabkan fluid coupling pecah yaitu pada setting waktu 6 detik dan seterusnya. Sehingga untuk menentukan setpoint timer setelah sensor tidak membaca gerak putaran crusher grinder yaitu antara waktu 1 detik sampai 5 detik, namun dengan pertimbangan dari pihak enjiniring ditentukan setpoint timer setelah sensor tidak membaca gerak putaran crusher grinder yaitu 5 detik, karena menurut pihak enjiniring apabila beban bottom ash berat sedangkan waktunya tidak sampai 5 detik untuk sensor mengirimkan sinyal, maka hanya akan merugikan proses jalannya operasi karena sering trip akibat beban bottom ash berlebih yang sementara.

Dari data yang telah dipaparkan pada Gambar 1. diketahui perubahan suhu pada poros fluid coupling mengalami kenaikan yang cukup signifikan apabila crusher grinder terganjal. Suhu tersebut sebenarnya pengaruh dari fluid yang terdapat dalam fluid coupling akibat terjadinya kenaikan

tekanan akibat putaran impeller yang seporos dengan motor dan impeller yang seporos dengan crusher grinder tidak sama, sehingga kenaikan tekanan tersebut menyebabkan suhu minyak naik secara signifikan dan menyebabkan fluid dan merembet ke poros masing masing impeller. Kenaikan suhu itulah yang menyebabkan timah penahan minyak pada fluid coupling tersebut leleh, sehingga minyak dalam fluid coupling tersebut keluar dari dalam fluid coupling dan mengkosongkan fluid coupling itu sendiri.

Dari data yang telah dipaparkan pada Tabel 4.2. dan Tabel 4.3 maka dapat diketahui bahwa sistem otomatisasi emergency diverter gate ini sangat membantu dalam proses pengoperasian terutama dalam proses manuver dari yang awalnya posisi aliran bottom ash menuju ke jalur conveyor entah langsung menuju conveyor maupun harus melewati crusher grinder, maka dapat langsung berpindah menuju sisi bypass untuk dibuang melalui truk pembuangan. Selain itu juga dapat menghemat waktu operator dari segi pengoperasian untuk memindah posisi emergency diverter gate sekitar 8 menit untuk unit 1, dan 6 menit untuk unit 2 ketika operator sudah tau jika terjadi penyumbatan atau crusher grinder tidak berputar.

#### C. Pembahasan

Pada desain ulang proteksi crusher ini, penulis melakukan penambahan proximity switch yang akan digunakan untuk sensor gerak dari crusher grinder yang sedang beroperasi, jika crusher grinder tidak ada pergerakan dalam jangka waktu yang telah ditentukan, maka sensor proximity akan mengirimkan sinyal yang mana melalui relay untuk menjadi sinyal input pada PLC untuk membuat trip motor crusher. Sinyal trip tersebut akan digunakan sebagai permit untuk menggerakkan emergency diverter gate menuju jalur bypass agar tidak terjadi menjadikan beban lebih pada SSC dan menyebabkan derating hingga shutdown unit pembangkit.

Dengan diterapkannya desain ulang proteksi crusher untuk mencegah kerusakan crusher dan derating PLTU Paiton 1 & 2, maka dapat mempermudah operator untuk mengetahui apabila terjadi gangguan pada crusher grinder serta dapat mempermudah operator dalam menghemat waktu untuk manuver emergency diverter gate agar tidak terjadi penyumbatan pada chute yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan sekitar chute dan menyebabkan unit derating atau bahkan menyebabkan unit shutdown akibat terjadinya penyumbatan tersebut apabila tidak segera ditangani.

Instrument, Wiring dan Logic PLC Desain Ulang Proteksi Crusher Grinder. Pemilihan jenis instrument didasarkan pada pertimbangan kehandalan dan kesesuaiannya pada aplikasi sistem kontrol dan proteksi crusher grinder. Instrument yang dipilih untuk aplikasi proteksi dan kontrol crusher grinder adalah sebagai berikut:

##### 1. Proximity Switch:

Dipilih proximity switch sebagai sensornya dapat digunakan secara langsung tanpa membutuhkan signal positioner/proximitor. Sensor ini bekerja secara non kontak sehingga terhindar dari korosi karena gesekan dengan objek

yang bergerak. Jenis sensor ini memiliki akurasi yang sangat baik dan ketahanan yang tinggi terhadap lingkungan yang berdebu dan tahan air, sehingga cocok ditempatkan di area fly ash.

## 2. Solid State Relay (SSR):

Dipilih solid state relay (SSR) karena sifat dari relay ini yang non kontak, sehingga bisa mengubah tegangan dari sensor menjadi tegangan yang dapat dibaca oleh PLC tanpa takut beresiko yang dibandingkan relay konvensional.

Desain wiring diagram ini pada intinya yaitu ketika proximity sensor telah menerima sinyal, maka kontak dari proximity akan mengirim sinyal ke SSR yang mana kontak bantu dari SSR tersebut akan mengirimkan sinyal menuju ke modul input PLC untuk dikelola sinyalnya oleh PLC yang ada sesuai dengan program untuk proteksi crusher grinder dan pengoperasian emergency diverter gate secara otomatis.

Sinyal input kontak(digital) dari relay masuk ke modul digital input di drop 4 rack 1 slot 11 pada address I0506, yang selanjutnya sinyal tersebut di proses oleh PLC. Saat crusher grinder tidak berputar maka logic kontak memberikan sinyal "0" ke logic input %I506 (input dari proximity switch) maka kontak NO (Normally Open) positive transition %I506 non aktif sehingga coil %M1222 (double roll grinder motion) deenergize. Coil %M1222 yang dipasang NC (Normally Close) digunakan sebagai reset timer T01 %MW1200 untuk aktif dan deaktif coil %M1223, apabila input (input reset) T01 aktif (kontak NC %M1222 non aktif) maka timer akan menghitung selama 5 detik dan mengaktifkan coil %M1223 (crusher no motion). Coil %M1223 selanjutnya dipergunakan sebagai kontak untuk stop crusher grinder. Di bawah ini merupakan gambar tambahan ladder logic PLC crusher motion dan no motion.

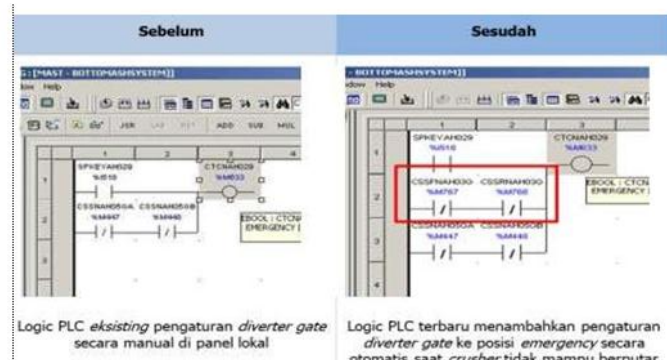
Kontak %M1223 (crusher grinder no motion) yang digunakan untuk stop crusher grinder terhubung ke logic untuk start / stop crusher grinder, baik running forward maupun reverse. Saat kontak %M1223 (crusher grinder no motion) aktif, pada register "MBIT

%MW265 bit 7" akan mendapat input- an "1" pada input 1 "MBIT %MW265 bit 7" sedangkan input 2 "MBIT

%MW265 bit 7" mendapat inputan "0" sehingga outputnya (SENS %MW265 bit

7) akan bernilai "0" atau OFF (motor crusher grinder OFF). Untuk start crusher grinder, tombol start push button (%I515) akan close dan memberikan inputan "1" pada kedua inputan "MBIT %MW265 bit 7" sehingga crusher grinder bisa running (SENS %MW265 bit 7 bernilai "1" atau ON). Begitu juga untuk running revers crusher grinder, hanya saja perbedaannya terdapat pada register MBIT. Register MBIT yang digunakan untuk running reverse adalah MBIT %MW265 bit 8 dan outputnya SENS %MW265 bit 8. Di bawah ini merupakan gambar logic start / stop forward dan reverse.

Adapun hasil sebelum dan sesudah dilakukan desain ulang ini sebagai berikut



Gambar 1. Logic Sebelum dan Sesudah Desain Ulang Proteksi Crusher Grinder



Gambar 2. Sebelum dan Sesudah Pemasangan Sensor Proximity



Gambar 3. Sebelum dan Sesudah Penambahan Mimic Alarm Crusher No Motion

Apabila telah terjadi kerusakan yang sampai menyebabkan derating maka perlu recovery permasalahan dan mengalami kerugian pendapatan akibat derating. Adapun tabel rinciannya sebagai berikut :

Tabel 2. Biaya Recovery.

No	Keterangan	Biaya (Rp)
1	Tenaga kerja	500.000
2	Air	219.00
3	Sewa buldozer	635.000
4	BBM	522.400

5	Oli <i>fluid</i>	846.750
6	Biaya <i>recovery</i>	1.500.00
Total		4.223.150 (1x kejadian)

Asumsi biaya *recovery* 1 tahun rata-rata kejadian  $\pm 12$  kejadian, maka total kerugian akan sebesar 48 juta /tahun (1 unit), sedangkan total kerugian untuk 2 unit mencapai 96 juta/tahun (2 unit). Sedangkan kerugian dari kehilangan jam operasi dari kejadian derating menurut perhitungan dari bidang bahan bakar :

Laba per KWh = Rp 250,- dengan rata-rata waktu *recovery* = 16 jam, SSC saat beban penuh 400MW hanya diperbolehkan shutdown max 4 jam (jika lebih, maka beban turun untuk menghindari penumpukan di SSC).

Tabel 3. Kerugian Hilangnya Jam Operasi

No	Kerugian	Total (Rp)
1	Kehilangan jam operasi per 1MW (16 jam X 1000 KW X Rp 250)	3,000,000
2	<i>Deating</i> per 50MW/unit (3juta x 50 MW)	150,000,000
3	<i>Derating</i> dalam 1 tahun (12 kali) (150 Juta X 12 kali)	2,400,000,000 /Unit
4	Kerugian apabila PLN mengoperasikan pembangkit minyak akibat <i>derating</i> 50 MW	15.000.000.000 /unit

Total Kerugian = Biaya *Recovery* + Kehilangan Jam Operasi + Rugi Operasi Pembangkit Minyak = 48 Juta + 2,4 Milyar + 15 Milyar = 17,5 M (1 tahun/unit). Sehingga jika 2 unit maka kerugiannya akan mencapai 35 Milyar (1 tahun/ 2 unit). Setelah dilakukan implementasi dari desain ulang proteksi crushergrinder ini maka dapat diketahui bahwa implementasi ini sangat berguna bagi operator dan teknisi karena dapat mencegah terjadinya kerusakan peralatan pada crusher grinder dan operator dapat mengetahui apabila ada indikasi jika crusher grinder tidak dapat beroperasi sebagaimana semestinya.

## V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penyusunan desain ulang proteksi crusher ini, adalah sebagai berikut:

1. Untuk meningkatkan mencegah kerusakan dini pada crusher grinder maka dilakukan desain ulang sistem control dengan memodifikasi wiring, instrument, dan logic crusher nomotion pada crusher grinder.
2. Hasil implementasi sistem monitoring crusher nomotion memudahkan operator dalam melakukan manuver pada

pengoperasian crusher grinder hingga menghemat waktu untuk unit 1 sebanyak 8 menit dan untuk unit 2 sebanyak 6 menit.

3. Hasil implementasi desain ulang dapat mencegah derating unit akibat crusher grinder sehingga dapat menghemat biaya kerugian untuk 2 unit sampai 35 Milyar rupiah.

## REFERENSI

- [1] Boneng Transmission Co., Ltd. 2003. Ecvv. Product. [Online] Boneng Transmission Co., Ltd, 17 11 2003.[Dikutip: 15 8 2015.] <http://www.ecvv.com/product/3795412.html>.
- [2] Britannica, Encyclopaedia. 1995. Comptons. Britannica. [Online] 14 6 1995. [Dikutip: 15 8 2015.]
- [3] Corporation, Termokimik. 1993. Ash Handling Manual Maintenance Part 1. Probolinggo :s.n., 1993 Fao. 1993. Docrop. Fao. [Online] 24 7 1993. <http://www.fao.org/docrep/010/ah810e/AH810E09>. [Dikutip: 15 8 2015.]
- [4] Lesita Dewi, Dedet C. Riawan, Dimas A. 2013. Proteksi Motor Menggunakan Rele Thermal dengan Mempertimbangkan Metode Starting . JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 1, No. 1
- [5] Saeed Bahrami, Ali KeymasiKhalaji. 2018. "Modified Mathematical Model for Variable Fill Fluid Coupling"Journal of Computational Applied Mechanics Vol. 49, No. 2, 2018
- [6] Vandan Bari, AkshaySawant, JayeshParmar, Pradeep Sharma, Vaibhav Lande. 2016. "Design and Development of Gearbox tester" International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) Vol 03, No. 03, 2016